

ЧЛЕН-КОРРЕСПОНДЕНТ АН СССР ВИКТОР ПРОКОПЬЕВИЧ СОЛОНЕНКО (1916–1988)

CORRESPONDING MEMBER OF THE ACADEMY OF SCIENCES OF THE USSR VIKTOR PROKOPYEVICH SOLOLENKO (1916–1988)

ШИБАКОВА В.С.

Старший научный сотрудник Геологического института РАН, к. г.-м. н., г. Москва, valentina-shibakova@yandex.ru

Ключевые слова:

В.П. Солоненко; член-корреспондент АН СССР; Восточно-Сибирская секция Научного совета АН СССР по инженерной геологии и гидрогеологии; инженерная геология; сейсмогеология; палеосейсмогеологический метод исследований; Восточная Сибирь.

SHIBAKOVA V.S.

Senior staff scientist of the Geological Institute of the RAS, PhD (candidate of science in Geology and Mineralogy), Moscow, valentina-shibakova@yandex.ru

Key words:

V.P. Solonenko; corresponding member of the Academy of Sciences of the USSR; East-Siberian Section of the Scientific Council of the AS USSR on Engineering Geology and Hydrogeology; engineering geology; seismogeology; paleoseismogeological research method; Eastern Siberia.

Аннотация

Данная публикация продолжает серию статей В.С. Шибаковой о Научном совете АН СССР по инженерной геологии и гидрогеологии и об ученых, которые были с ним связаны. Она посвящена члену-корреспонденту АН СССР Виктору Прокопьевичу Солоненко (1916–1988), который был инициатором создания и председателем Восточно-Сибирской секции Научного совета.

Abstract

The publication continues the series of articles by V.S. Shibakova about the Scientific Council of the AS USSR on Engineering Geology and Hydrogeology and about scientists who were associated with it. The paper is devoted to corresponding member of the Academy of Sciences of the USSR Viktor Prokopyevich Solonenko (1916–1988 rr.) who initiated creation of the East-Siberian Section of the Scientific Council and was its chairman.

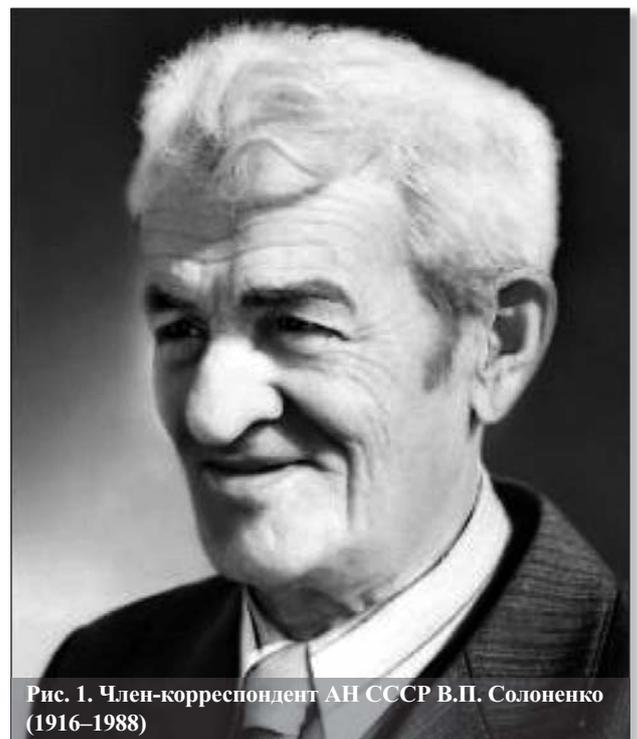


Рис. 1. Член-корреспондент АН СССР В.П. Солоненко (1916–1988)

Виктор Прокопьевич Солоненко был выдающимся советским ученым — геологом, геофизиком, основоположником инженерной геологии в Восточной Сибири. Его работы привели к созданию нового научного направления в геологической науке «сейсмогеология» и разработке палеосейсмогеологического метода исследований. Он создал сибирскую сейсмогеологическую школу, получившую международное признание.

В 1963 году в Советском Союзе была опубликована монография «Гоби-Алтайское землетрясение», написанная коллективом авторов во главе с В.П. Солоненко, а в 1965 году эта книга была переиздана на английском языке в США и Англии. Так началось шествие по планете нового метода исследований в геологической науке.

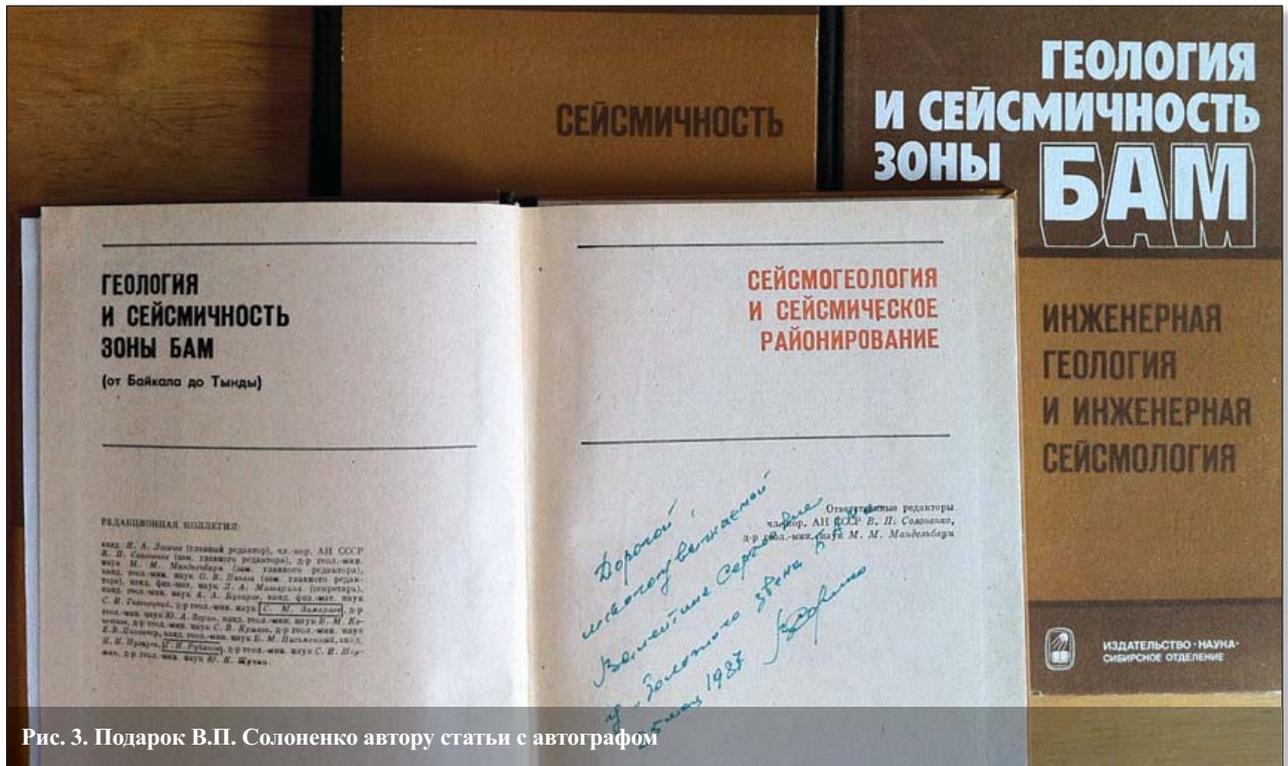


Рис. 3. Подарок В.П. Солоненко автору статьи с автографом

иностранных ученых, библиографию его основных работ, а также его знаменитую статью «Определение эпицентральных зон землетрясений по геологическим признакам». Далее я постараюсь представить основные фрагменты из научной биографии В.П. Солоненко, используя материалы в том числе и из этой книги.

Первые научные разработки Виктора Прокопьевича были в области военной геологии и водоснабжения войск в условиях вечной мерзлоты. Они были направлены на обеспечение эффективности изысканий для оценки инженерно-геологических условий сооружения военных коммуникаций. Кандидатская диссертация В.П. Солоненко «Военная геология в условиях вечной мерзлоты» была защищена в 1943 г. и опубликована в 1944 г. в виде монографии, которая на протяжении многих лет являлась методическим руководством в действующей армии и учебником для военных академий и военно-инженерных школ.



Рис. 4. Выездная сессия двух научных советов на трассе БАМ. Дискуссия во время движения поезда. Сидят на переднем плане (слева направо): В.П. Солоненко, Н.А. Логачев (май 1987 г., фото из книги [1])

Чуть позднее Виктор Прокопьевич занимался решением задач, связанных с поисками и разведкой стратегически важного для страны сырья в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке. Его теоретические разработки о происхождении графитовых толщ и их районирование по геотектоническому принципу явились фундаментальной основой для прогнозирования и дальнейших поисков проявлений графита. В.П. Солоненко лично открыл более 20 месторождений. Вот описание того периода его жизни, данное академиком Н.А. Логачевым: «Виктор Прокопьевич отличался необыкновенным трудолюбием и в молодые годы мог работать регулярно по 14 часов в сутки. Особенно напряженным выдался конец 40-х годов, когда он готовил отчет о графитовых месторождениях Восточной Сибири и Дальнего Востока в связи с запросами оборонной и зарождавшейся атомной промышленности. На кафедре динамической геологии его можно было застать рано утром и поздно вечером, когда на факультете не оставалось ни души. Результатом такого сконцентрированного труда явилась монография «Геология месторождений графита Восточной Сибири и Дальнего Востока» (1951 г.), защищенная в МГУ в июне 1952 г. в качестве докторской диссертации. Получение ученой степени доктора наук в неполные 36 лет и звания профессора в неполные 37 лет — абсолютный рекорд раннего созревания не только для геологического факультета университета, но и для всего Иркутска».

В.П. Солоненко постоянно расширял круг своих исследований в области динамической и инженерной геологии, геокриологии и сейсмического районирования. При этом особое внимание он уделял изучению закономерностей развития физико-геологических процессов и явлений, связанных с неотектоникой, сейсмичностью и вечной мерзлотой. Существенное место он отводил изучению таких явлений, как отседание склонов, скальные и снежные обвалы, оползни, солифлюкция, карст, сели в условиях повышенной сейсмич-



ности. Монография Виктора Прокопьевича «Очерки по инженерной геологии Восточной Сибири», написанная еще в 1947 г., была первым трудом по региональной инженерной геологии и инженерно-геологическому районированию и являлась справочным и нормативным документом для проектировщиков и изыскателей. Ю.Б. Тржицинский писал: «Он первым обратил внимание на инженерно-геологические особенности Восточной Сибири — этого обширного края, простирающегося от долины р. Енисея до Западного Приамурья». В работе «Очерки по инженерной геологии Восточной Сибири» В.П. Солоненко доказал, что задачи региональной инженерной геологии этой обширной территории определяются сложным геологическим строением, особенностями рельефа, тектоникой и историей формирования геологических структур, а также своеобразными физико-географическими условиями. Он детально охарактеризовал развитие в Восточной Сибири экзогенных геологических процессов. Анализируя грунтовые условия, Виктор Прокопьевич первым привел характеристику лессовых пород и показал опасность и риск возведения народно-хозяйственных объектов на территориях, сложенных этими своеобразными грунтами. Ю.Б. Тржицинский подчеркнул, что указанный научный труд В.П. Солоненко до настоящего времени используется в инженерно-геологической практике и в вузах Иркутска.

Профессор В.П. Солоненко успешно работал в Иркутском университете. Он создал и возглавил кафедру полезных ископаемых и геофизики, с 1953 по 1958 г. являлся деканом геологического факультета, читал лекции студентам, занимался с аспирантами. И вдруг жизнь его круто изменилась. 1957 г. был ознаменован двумя сильными землетрясениями — 10-балльным Муйским, потрясшим 27 июля все Становое нагорье к северо-востоку от Байкала, и 12-балльным Гоби-Алтайским на юге Монголии, волны которого были зафиксированы 4 декабря всеми сейсмостанциями мира. Для оценки последствий Гоби-Алтайского землетрясения по просьбе правительства Монголии была послана группа экспертов из иркутских ученых (Н.А. Флоренсова, В.П. Солоненко и А.А. Трескова), которая вместе с монгольскими коллегами в конце декабря 1957 г. — начале января 1958 г. провела наземное и аэровизуальное обследование всей плейстоценовой области и пришла к выводу об уникальности этого сейсмического события. По постановлению Президиума АН СССР в мае 1958 г. была создана совместная советско-монгольская Гоби-Алтайская экспедиция, базовым для которой был Восточно-Сибирский геологический институт (в 1962 г. переименованный в Институт земной коры) Сибирского отделения АН СССР в Иркутске. Начальником экспедиции был назначен Виктор Прокопьевич, научным руководителем — Н.А. Флоренсов. Таким образом, в 1958 г. В.П. Солоненко стал сотрудником ИЗК СО АН СССР, где он проработал 30 лет — до конца своих дней. «Анализируя весь пройденный путь этого исследователя, неизбежно приходишь к выводу о выдающемся по мировым меркам значении его вклада в науку по соединению геологии и сейсмологии, а также в становление и развитие ИЗК СО РАН», — отмечал академик Н.А. Логачев.

В.П. Солоненко писал: «Детальное изучение палеоценовой области Гоби-Алтайского землетрясения с



Рис. 5. Выездная сессия двух научных советов на трассе БАМ. Слева направо: Л.А. Шимановский, Л.И. Варазашвили, О.Г. Батанова, В.С. Шibaкова, Д.Д. Церетели (ст. Лена, май 1987 г., фото С.Г. Дубейковского)

применением специально проведенной аэрофотосъемки позволило получить не только точный план сейсмодислокаций, но и установить, что при катастрофическом землетрясении в течение нескольких минут образуются все известные в структурной геологии типы разрывных деформаций, а также флексуры, сейсмокупольные, вихревые и другие структурные формы. Кроме того, при этом возникли некоторые типы деформаций,



Рис. 6. Выездная сессия двух научных советов на трассе БАМ. Стоянка поезда в г. Северомуйске. На заднем плане виден Северомуйский хребет (май 1987 г.)



Рис. 7. Выездная сессия двух научных советов на трассе БАМ. Слева направо (анфас): В.С. Шибакова, В.П. Солоненко, А.А. Бухаров, Н.А. Логачев, Е.В. Пиннекер (ст. Лена, май 1987 г., фото из книги [1])

возможность образования которых ранее не подозревалась. Мы здесь имеем в виду клин обрушения с амплитудой вертикального смещения до 328 м, а также срывы и сдвиги вершин гор. В ходе землетрясения хребет Гурбан-Богдо (северная часть Гобийского Алтая) протяженностью 275 км и с высотами до 4000 м поднялся и сдвинулся на восток. Амплитуда видимого вертикального и горизонтального смещения достигала 10 м. Среди сейсмодислокаций ведущее значение имели взбросо-сдвиги, подчиненное положение занимали надвиги, местами выраженные крупными сеймотектоническими рвами, грабены шириной от 800 м до 3,5 км и другие структурные типы. Протяженность главного раз-

лома (Богдо) — 256 км, суммарная длина изученных сейсмодислокаций — 850 км. Довольно редким типом деформаций явились срывы вершин гор. Скол происходил по поверхностям, наклонным под углом 10–15° в сторону от начального эпицентра землетрясения (с запада на восток). Вершины смещались к востоку с некоторым поворотом против часовой стрелки. Диаметр основания смещенных вершин колебался от 100 м до 1,5 км, высота их по вертикали (считая от плоскости сместителя до вершины) — от 50–60 до 350 м. При этом по фронту сорванных вершин возникали надвиговые валы, а по тылу (со стороны эпицентра) — трещины отрыва шириной 10–15 м, а местами и более. Феноменальной оказалась структурная форма Битут — клин обрушения: по системе сбросов часть горы протяженностью несколько более 3 км и шириной 1,1 км опустилась на 328 м. Напряжения, вызванные энергией опускания клина, привели к выдавливанию перед его фронтом меньшего тектонического клина на высоту до 60 м».

Виктор Прокопьевич очень четко описал, какие следы в виде протяженных зон сейсмодислокаций оставляют после себя сильные землетрясения на земной поверхности. Такие признаки особенно заметны и долго сохраняются в открытом рельефе Монголии. И их отыскивали там участники экспедиции. Идеи палеосейсмогеологического метода впервые высказал Н.А. Флоренсов во время именно этой экспедиции в 1958 г. Позднее, в 1960 г., они были соответствующим образом обоснованы и опубликованы. Однако сам Н.А. Флоренсов признавал, что все заслуги по разработке этого метода принадлежат В.П. Солоненко. Начиная с 1962 г. именно статьи Солоненко на эту тему выходят в престижных научных журналах. «Кипучая натура Виктора Прокопьевича, его упорство и настойчивость, исследовательская скрупулезность стали тем сплавом, из которого сформировался палеосейсмогеологический метод», — так пишет его ученик и последователь В.В. Ружич. И делает



Рис. 8. Выездная сессия двух научных советов на трассе БАМ. В.П. Солоненко перед докладом «Сейсмогеология и сейсмичность Северомуйского тоннеля» (май 1987 г., фото из книги [1])



следующий вывод: «В Советском Союзе в 60-е гг. это был несомненный прорыв в области сейсмологии и сейсморайонирования. Для него потребовались три необходимых условия: сильнейшая сейсмическая катастрофа, идея и незаурядный лидер-организатор, способный протаранить консервативное мышление многих коллег, сложившиеся традиции и мнения авторитетов». Таким лидером в нужное время и в нужном месте и оказался В.П. Солоненко. По результатам работ этой экспедиции в 1963 г. была опубликована упомянутая выше монография «Гоби-Алтайское землетрясение» и ее издание на английском языке, вышедшее в 1965 г. «Потребовалось более двух лет на обработку материалов и написание отчета-монографии, получившей отклик в мире и выведшей ИЗК в лидеры по проблемам сейсмогеотектоники. На исследованиях в Гобийском Алтае у Флоренсова и Солоненко созрела убежденность в возможности определения уровня сейсмической активности по следам, оставленным в структуре и рельефе древними, или “ископаемыми”, землетрясениями. Этот новый для того времени подход, получивший название палеосейсмогеологического метода, был успешно применен Виктор Прокопьевичем и его соратниками при сейсмическом районировании Восточной Сибири и Дальнего Востока», — писал академик Н.А. Логачев. С тех пор на дислокациях Гоби-Алтайского землетрясения с ознакомительными целями побывало много ученых из разных стран, но лишь через 35 лет состоялось повторное изучение полосы сейсмогенных разрывов 1957 г., проведенное российскими, американскими и монгольскими специалистами в 1993–1994 гг.

Вскоре в Институте земной коры была создана структурная ячейка по сейсмологии под руководством В.П. Солоненко, в которую первоначально вошли участники Гоби-Алтайской экспедиции С.Д. Хилько, Р.А. Куррушин, В.М. Жилкин и Н.Ф. Наумов. К началу работ экспедиции на Удокане сейсмогеологическое подразделение оформилось в лабораторию и пополнилось рядом опытных и начинающих специалистов. Вот как вспоминал тот период ее сотрудник В.В. Николаев: «Из многочисленных студентов, которые обучались у Виктора Прокопьевича в госуниверситете, он выбрал наиболее трудолюбивых и перспективных сотрудников, которые прошли с ним “огонь, воду и медные трубы”. Кадры ковались В.П. Солоненко в различных по геодинамическим условиям регионах — Монголии, Прибайкалье, Якутии, Средней Азии, на Кавказе, Становом нагорье, Дальнем Востоке. И после отработки каждого нового полигона появлялись новые монографии, новые идеи, новые диссертации. Костяк экспедиции состоял из молодых, но уже опытных сотрудников, таких как Р.А. Куррушин, О.В. Павлов, С.Д. Хилько, В.С. Хромовских, ставших в дальнейшем ведущими сейсмологами, научными руководителями отдельных тематических исследований и наставниками последующего пополнения экспедиции, а затем и научно-исследовательской лаборатории, заведующим которой был избран В.П. Солоненко (с 4 января 1963 г.) и оставался им до конца жизни. Правда, с 1967 по 1972 г. он, кроме того, занимал должность заместителя директора института по науке».

Академик Н.А. Логачев писал: «По завершении удоканского цикла исследований и издания монографии “Живая тектоника” всем стало ясно, что в Иркутске под



Рис. 9. Выездная сессия двух научных советов на трассе БАМ. У Северомуйского тоннеля. Слева направо: В.П. Солоненко, Ф.Н. Лещиков, О.В. Павлов (май 1987 г., фото из книги [1])

руководством Солоненко сложилась оригинальная научная школа, нацеленная на изучение внутренних связей сейсмического процесса со структурой, составом и состоянием земных недр. Началась эпоха геологизации сейсмологии, которая продолжалась в течение десятилетия. В 60–70-х гг. главе иркутской школы пришлось затратить немалые усилия, чтобы убедить ведущих ученых Института физики Земли АН СССР — головного учреждения страны по проблемам сейсмичности — в том, что решение теоретических и прикладных задач сейсмологии должно вестись с учетом свойств геологического субстрата. Виктору Прокопьевичу пришлось потратить массу времени на дискуссии и преодоление сопротивления ряда специалистов ИФЗ. Кончилось это тем, что на одном из годовых собраний Отделения геологии, геофизики, геохимии и горных наук АН СССР в начале 80-х годов ко мне подошел директор ИФЗ академик Михаил Александрович Садовский и, посетовав



Рис. 10. Выездная сессия двух научных советов на трассе БАМ. Рабочий момент экскурсии в Северомуйский тоннель. В.П. Солоненко и А.М. Лехотинов (май 1987 г., фото из книги [1])

на отсутствие Солоненко (он не участвовал в собрании отделения по болезни), сказал: «Солоненко — единственный, кто стремится проникнуть вглубь сейсмических явлений через их связь с конкретными геологическими условиями. Я сам это понял не сразу, потребовалось время. Прошу передать ему мой привет и просьбу выслать мне его главные работы по проблеме»».

Итак, в 1960-х гг. В.П. Солоненко стал детально заниматься вопросами сейсмичности. Сейсмология и ее ответвления стали средоточием его научных интересов и помыслов, и при этом он продолжал уделять особое внимание геологическим процессам, сопровождающим землетрясения. Виктор Прокопьевич проводил обширный комплекс работ по оценке сейсмической опасности и сейсмическому районированию Восточной Сибири. Для этого он одним из первых предложил использовать не только сейсмостатистические данные, но и геологические материалы. Основываясь именно на таком подходе, В.П. Солоненко совместно с Н.А. Флоренсовым дал прогноз высокой потенциальной сейсмичности Прибайкалья. Этот прогноз подтвердился произошедшими там вскоре сильными землетрясениями (Мондинским в 1950 г., Муйским в 1957 г., Среднебайкальским в 1959 г.), характеризовавшимися интенсивностью 9–10 баллов. Монографии «Среднебайкальское землетрясение 29 августа 1959 г.» (1960 г.), «Катастрофическое Гоби-Алтайское землетрясение 4 декабря 1957 г. Сейсмогеологический очерк» (1960 г.), «Сейсмическое районирование Восточной Сибири» (1963 г.), основным автором которых был В.П. Солоненко, получили общественный резонанс и привлекли внимание к необходимости изучения сейсмичности в Сибири. Карты сейсмического районирования Восточной Сибири, составленные В.П. Солоненко в 1947, 1953, 1956 и 1957 гг., наглядно отражают комплексный подход к обоснованию сейсмической опасности. Работы В.П. Солоненко дали

возможность показать высокую сейсмичную опасность для районов, по которым сейсмостатистические материалы либо совсем отсутствуют, либо не отражают потенциальной сейсмоактивности неотектонических структур.

С накоплением фактических данных методика сейсмического районирования непрерывно совершенствовалась. Академик М.А. Логачев отмечал: «Результаты исследований иркутских сейсмологов, как правило, заканчивались повышением уровня сейсмической опасности той или иной территории, что вызывало иногда открытое, а чаще скрытое сопротивление московских специалистов проектных институтов Госстроя, Минтрансстроя, МПС. В.П. Солоненко пришлось выдерживать много стычек и споров в московских инстанциях, демонстрируя при этом стойкость и непоколебимость в отстаивании выводов и заключений. Некоторые объясняли это упрямством и нежеланием идти навстречу. На самом деле в позиции Солоненко всегда имелись твердый фактологический стержень и убежденность в своей правоте. Негативное отношение некоторых московских специалистов к новым предложениям определялось нежеланием менять технологию проектирования объектов и удорожанием их строительства».

Очень интересно мнение еще одного специалиста — В.В. Ружича: «Понятно, что возникновение и существование в Сибири самостоятельной и самобытной дружины сейсмологов, возглавляемой неуступчивым, одаренным и энергичным лидером, для некоторых других школ, организаций и министерств далеко не всегда было благодатью небесной. Столкновение мнений в оценке сейсмической опасности, в выборе и обосновании методов сейсморайонирования и, наконец, в выводах о том, где можно или нельзя строить важные объекты и коммуникации, напоминали порой военные действия. А воевать Виктор Прокопьевич умел всегда, недаром в военные годы он был высокоавторитетным инженером-геологом. Поэтому сведения о сейсмическом потенциале, дополненные данными, полученными с помощью палеосейсмогеологического метода, стали важным критерием при составлении карт общего и детального сейсмического районирования уже в 60-е гг., и этот вклад позднее полностью оправдал себя, особенно в оценках сейсмической опасности для малоизученной в сейсмическом отношении Восточной Сибири».

Еще в самом начале 1960 г. Виктор Прокопьевич указывал, что современные представления о сейсмичности Восточной Сибири очень быстро могут измениться. Это вскоре и произошло.

В.П. Солоненко был ответственным редактором и основным автором серии следующих монографий, которые освещали строгую последовательность внедрения сейсмогеологических методов в сейсмологию и совершенствования способов и приемов сейсмического районирования и детального сейсмического районирования:

- «Живая тектоника, вулканы и сейсмичность Станового нагорья» (1966 г.);
- «Сеймотектоника и сейсмичность рифтовой зоны Прибайкалья» (1968 г.);
- «Сеймотектоника и сейсмичность юго-восточной части Восточного Саяна» (1975 г.);
- «Сейсмическое районирование Восточной Сибири и его геолого-геофизические основы» (1977 г.);

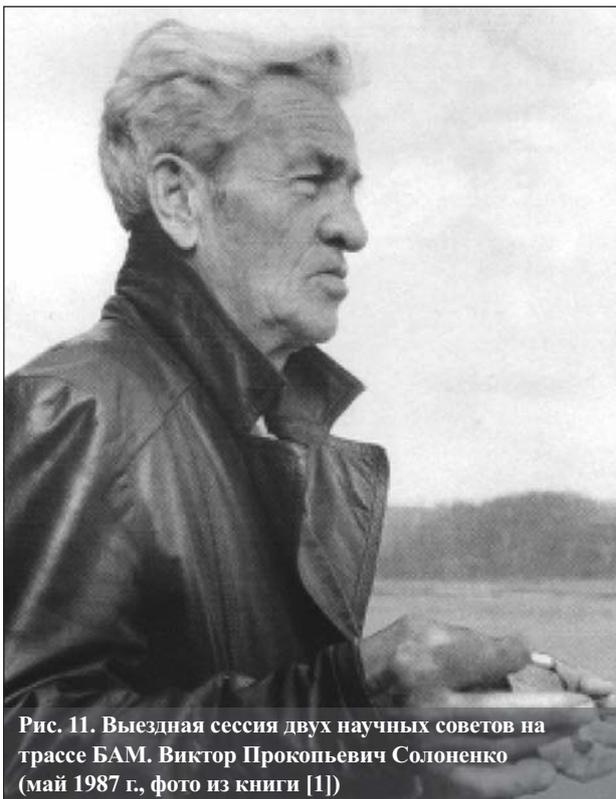


Рис. 11. Выездная сессия двух научных советов на трассе БАМ. Виктор Прокопьевич Солоненко (май 1987 г., фото из книги [1])



Рис. 12. Выездная сессия двух научных советов на трассе БАМ. У разъезда Бельбукта (места стыковки западного и восточного участков БАМ). Слева направо: Н.А. Логачев, В.П. Солоненко, О.В. Павлов, Е.В. Пиннекер. Крайний справа — А.И. Шеко (май 1987 г., фото из книги [1])

- «Сейсмология и детальное сейсмическое районирование Прибайкалья» (1981 г.).

В те годы в трудах Виктора Прокопьевича сейсмология была одним из главных направлений. Особо следует отметить разработанные им разделы этой науки «инженерная сейсмология» и «сейсмогеокриология».

Многолетние исследования древних и современных землетрясений способствовали накоплению материалов, послуживших основой для построения «Шкалы балльности по сейсмодислокациям», которая наряду с другими шкалами вошла в проект «Усовершенствованной сейсмической шкалы и системы измерений землетрясений».

В.П. Солоненко был первым, кто использовал геологические данные при сейсмическом микрорайонировании отдельных территорий. Он писал: «Результаты инструментального сейсмического районирования в конечном итоге отражают механику грунтов площадки в момент исследования, которая в ходе современного крупного строительства зачастую коренным образом изменяется. Крупные инженерные сооружения не только на себе испытывают влияние грунтовых условий и процессов, но и сами изменяют их, т.е. изменяют сейсмическую опасность строительных площадей. Поэтому при сейсмическом микрорайонировании обязательно нужно учитывать как класс и категорию сооружений, так и особенности взаимодействия системы «грунт с постоянно изменяющимися геотехническими свойствами — сейсмичность — сооружение»».

Исследования Виктора Прокопьевича по изучению Байкальского рифта послужили в дальнейшем основой для оценки сейсмической опасности зоны прохождения БАМ. Практически к началу строительства магистрали им уже была создана карта сейсмического районирования для ее наиболее активного участка и разработан вариант северного (в зоне умеренной сейсмичности) проложения ее трассы, который, к сожалению, не был принят проектировщиками.

В.П. Солоненко и его учениками были проведены палеосейсмогеологические исследования и оценка сейсмической опасности в ряде сейсмоактивных регионов — на Дальнем Востоке, Кавказе, в Средней Азии, Алтае-Саянской области, Северной Корее, Монголии. В монографиях «Палеосейсмология Боль-

шого Кавказа» (1979 г.) и «Сейсмология Монголо-Охотского линеймента» (1979 г.) указывалось, что палеосейсмогеологические данные позволили в ряде регионов серьезно уточнить сейсмический потенциал. Вот как об этом писал академик Н.А. Логачев: «В конце 60-х и в 70-е годы география исследований В.П. Солоненко и его соратников существенно расширяется, охватывая Дальний Восток, Среднюю Азию и Кавказ. В этих новых регионах сейсмологами были получены результаты первостепенного значения, особенно для проектирования и строительства гидротехнических сооружений, таких как Зейская ГЭС и каскад Ингури ГЭС. Позднее в сферу исследований попадают и объекты атомной энергетики — Билибинская и Крымская АЭС, а также планировавшаяся АЭС в Северной Корее. Словом, сейсмогеологические иссле-



Рис. 13. Выездная сессия двух научных советов на трассе БАМ. Осмотр источника термальных вод (май 1987 г., фото С.Г. Дубейковского)

дования иркутян под руководством Солоненко естественным образом оказались широко востребованными и выполнялись главным образом на договорной основе с предприятиями и ведомствами, чем обеспечивалась заметная финансовая подпитка деятельности ИЗК».

О событиях при работе на Кавказе Р.М. Семенов вспоминал: «Несмотря на то что Виктору Прокопьевичу в то время было уже 55, сравниться с ним в преодолении кавказских круч мог далеко не каждый из молодых. Причем в изучении структур он принимал непосредственное участие, не полагаясь на то, что документацию могли сделать и более молодые коллеги. Поражали тщательность и аккуратность дневниковых записей и зарисовок... Виктор Прокопьевич обнаружил структуру Квира, которая находится всего в 15 км восточнее Ингури ГЭС... Он сделал заключение, что сейсмодислокации такого рода могли образоваться при землетрясении не ниже 9 баллов. Трудно себе представить, что произойдет с плотиной, если подобная сейсмическая катастрофа повторится, а при строительстве не будут проведены антисейсмические мероприятия».

Проведенные В.П. Солоненко сейсмогеологические исследования однозначно указали, что ранее принятый для Большого Кавказа верхний уровень сейсмичности, равный 8 баллам по международной сейсмической шкале, или магнитуде 6,75 по шкале Рихтера, был явно занижен. Предстояло отстоять наличие на Кавказе более высокого сейсмического потенциала. Настойчивость Виктора Прокопьевича и приводимые им неоспоримые факты убедили оппонентов в том, что «сейсмический потолок» Кавказа никак не ниже $M = 7,0$. Последующие сейсмические события (Спитакское землетрясение 1989 г. с $M = 7,0$, Рачинское землетрясение 1990 г. с $M = 7,1$) подтвердили правомерность выводов В.П. Солоненко.

В 1983 г. была издана новая «Карта сейсмического районирования территории СССР» в масштабе 1:5 000 000 — документ государственной важности, в котором были учтены все ранее полученные В.П. Солоненко данные о сейсмичности изученных им районов.

Последней крупной работой коллектива сейсмологов под руководством В.П. Солоненко был заключительный том 8-томного издания «Геология и сейсмичность зоны БАМ» — «Сейсмология и сейсмическое

районирование». Он вобрал в себя результаты исследований живой тектоники и сейсмических условий территорий площадью свыше 15 млн км² от северной оконечности озера Байкал до побережья Охотского моря. Он стал итоговим во всей многолетней работе В.П. Солоненко, Института земной коры и организаций-партнеров по уточнению геологических и сейсмических условий строительства Байкало-Амурской магистрали. Этот том дает развернутую сейсмогеологическую картину трассы БАМ и примыкающих к ней территорий на всем 3300-километровом ее протяжении. Работая над данной статьей, я читала эту книгу с неослабевающим интересом. На мой взгляд, она привлекает внимание читателя потому, что является коллективным трудом и все ее авторы — специалисты самого высокого класса, все они участвовали в полевых исследованиях, были ответственными исполнителями по сегментам изучаемой зоны (а научный руководитель, ответственный исполнитель исследований и главный редактор тома В.П. Солоненко работал по всей зоне). Авторам удалось не только написать эту книгу на высокопрофессиональном уровне, но и передать в ней свою увлеченность работой.

Во введении к книге В.П. Солоненко подчеркнул: «Трасса БАМ на участке от Байкальского хребта до р. Олекмы на протяжении около 1100 км проходит в осевой части Байкальского свода по системе кайнозойских впадин байкальского типа. Эта территория является одной из наиболее сейсмоактивных внутриконтинентальных зон Земли и полностью входит в область с уровнем сейсмичности 9 и более баллов при весьма неблагоприятных инженерно-геологических условиях: тектоническая и экзогенная разрушенность скальных пород с жильными льдами, вечная мерзлота с высокольдистыми грунтами и ископаемыми льдами, наледи, термокарст, болота, солифлюкция, оползни, обвалы, лавины, сели, широкое развитие подвижных россыпей (курумов) и т.д.».

В главе «Землетрясения» приведена схема эпицентров сильных землетрясений зоны БАМ и таблица сильных землетрясений по макросейсмическим и инструментальным данным для 160 сейсмических событий. Приводятся также краткие описания некоторых землетрясений, имеющих ту или иную значимость для сейсмического районирования. Ограничусь двумя примерами.



Рис. 14. Лауреаты премии Совета Министров СССР. В.П. Солоненко — второй справа в первом ряду (г. Иркутск, весна 1988 г., фото из книги [1])



1. Великое Восточно-Сибирское землетрясение 1725 г. охватило площадь 4–5 млн км². По макросейсмическим и палеосейсмогеологическим данным его сила достигала 11–12 баллов, магнитуда была не менее 8,3. Была обнаружена появившаяся в результате этого землетрясения система мощных сейсмодислокаций — Чина-Вакатинская структура. Это было редкое и выдающееся сейсмическое событие в зоне БАМ.

2. Муйское землетрясение 27 июня 1957 г. было единственным на территории СССР, отнесенным к классу мировых сейсмических катастроф. Его интенсивность составила 11–12 баллов, магнитуда была равна 7,9. Это землетрясение ощущалось на площади свыше 2 млн км², 8-балльные эффекты отмечались в 150 км, а 6-7 балльные — на расстояниях до 500 км. Сейсмогравитационные явления (оползни, обвалы) наблюдались на площади более 150 тыс. км² на эпицентральной дистанции до 350 км (вдоль трассы БАМ — на протяжении примерно 700 км от Верхнеангарского хребта до р. Олекмы). Эпицентральная область была приурочена к Намарокитской эмбриональной впадине байкальского типа (в 30 км восточнее от ст. Куанды и в 60 км юго-западнее Кодарского тоннеля). В результате землетрясения образовалась сложная система сейсмодислокаций общей протяженностью 35 км. Во впадине образовалось озеро Новый Намарокит с первоначальной длиной 3,5 км при ширине 0,6 км. Схему эпицентральной зоны Муйского землетрясения составили В.П. Солоненко и В.А. Авдеев.

Не менее интересен раздел «Сильные землетрясения по палеосейсмогеологическим данным». В зоне БАМ задокументировано 46 палеосейсмогенных структур — следов мощных землетрясений (интенсивностью от 8–9 до 11–12 баллов), данные о которых приведены в данном разделе в отдельной таблице. Самых же таких землетрясений было больше, т.к. некоторые палеосейсмогенные структуры являются не «одноактными», а представляют собой следы 2–6 разновозрастных землетрясений. Если учесть эти данные, то общее число мощных «досейсмостатистических» землетрясений в зоне БАМ — около 60. В качестве примера можно привести структуру Амунда. Ее схема была составлена М.Г. Демьяновичем и В.А. Авдеевым. Система ее дислокаций находится на левом борту Амундской эмбриональной впадины, заложенной вдоль северо-восточного отрезка р. Амунды — правого притока р. Муи — в 40 км от восточного портала Северомуйского тоннеля. Сейсмодислокации структуры представлены рвами и эскарпами. Протяженность рвов — до 500 м, глубина — до 5 м при ширине 8–30 м, разница высот бортов — до 3–4 м. По трассе дислокаций наблюдаются резкие перегибы русел рек с водопадами и каскадом водопадов и сейсмогравитационные формы (обвалы). Эти дислокации деформируют склон, отражаясь на делювиальных отложениях, конусах выноса. В редких случаях отмечены зоны деформаций в коренных породах. Местами по водоразделам отмечаются серии террасированных уступов, сложенных гигантскими глыбами гранитов. По-видимому, их формирование обусловлено смещением скальных блоков под воздействием сейсмических ускорений. Общее направление дислокаций — северо-восточное (65–75°). Параметры системы дислокаций (длина 12 км, амплитуда вертикальных смещений до 3,5 м) могут ха-

рактеризовать плейстоценовую область палеосейсмоземлетрясения интенсивностью до 10 баллов. Многие открытые сейсмогенные геоморфологические формы (рвы, поноры, уступы) поросли кедровым стлаником с максимальным диаметром стволов до 30 см. Стенки отрыва обвалов и их тел существенно эродированы. По этим признакам можно предположить, что возраст сейсмодислокации — не менее 300–400 лет. На примере этой структуры мы можем видеть, как работали сейсмогеологи, какие особенности и признаки они фиксировали и какие результаты получали.

В книге приведены две карты — сеймотектоники и сейсмического районирования зоны БАМ. Их составили В.П. Солоненко, Р.А. Курушин, В.В. Николаев, М.Г. Демьянович, Р.М. Семенов, А.В. Чапизубов, В.С. Хромовских и В.А. Авдеев. Рассмотрев различные трудности методики составления таких карт, В.П. Солоненко подчеркнул, что для сейсмического районирования надежным остается фактический материал — сейсмостатистика, сейсмогеологические данные по полям напряжений, механизму очагов, направлению вспарывания разломов и сейсмогеология (новейшая тектоника, особенно плейстоцен-голоценовый ее этап — «живая тектоника»). Учитывались также конкретные геофизические данные о геоблоках, глубинных разломах и др. Расчетные сейсмогеологические параметры использовались как качественные показатели. При оконтуривании сейсмических районов зоны БАМ использовались средними размерами изосейсмальных площадей. Жаль, что размер журнальной статьи не позволяет привести эти замечательные детальнейшие карты.

В главе «Сейсмология ответственных сооружений» рассмотрены условия строительства наиболее ответственных сооружений на трассе БАМ, а также приводятся результаты сейсмогеологических исследований районов крупных месторождений, ГЭС и других объектов:

- Даванского (Байкальского) тоннеля;
- четырех тоннелей Прижимного участка общей длиной 5,1 км;
- Северомуйского тоннеля (15,3 км);



Рис. 15. Виктор Прокопьевич Солоненко. Последняя фотография (г. Иркутск, весна 1988 г., фото из книги [1])

- Кодарского тоннеля (1,8 км);
- Витимского мостового перехода (9-балльного района);
- Олекминского мостового перехода (9–10-балльной зоны);
- проектируемой Мокской ГЭС на р. Витиме (9-балльного района);
- Зейской ГЭС (с расчетной сейсмичностью 8 баллов);
- Олекминской ГЭС (8-9-балльной зоны);
- Нерюнгринской ГРЭС (с сейсмичностью 7 баллов);
- Удоканского горно-обогадательного комбината (ГОК) меднорудного месторождения (с сейсмической опасностью 9 баллов и выше);
- Молодежного ГОК месторождения хризотил-асбеста (с нормативной балльностью более 9);
- Холоднинского сульфидного свинцово-цинкового месторождения (с сейсмической опасностью 8 баллов).

Приведем описание сейсмогеологических условий Северомуйского тоннеля — одного из сложнейших сооружений на трассе БАМ — по В.П. Солоненко. Уже в предварительном заключении об этих условиях в 1972 г. указывалось на высокую сейсмическую опасность района (9–10 баллов и более) и на то, что по ходу проектируемого тоннеля возможны следующие серьезные осложнения для его проходки: наличие пльвунов в гранитах; появление термальных напорных вод в связи с наличием «живых» разломов; перенапряженное состояние гранитов. К сожалению, рекомендации В.П. Солоненко не были услышаны и инженерно-геологическая разведка трассы тоннеля была осуществлена по стандартным нормам (в 1974–1975 гг.). По-видимому, считалось, что инженерно-геологические условия тоннеля весьма просты, т.к. он проходит в гранитах, к тому же с низкотемпературной (ниже минус 9,5°C) мощной (до 1000 м) вечной мерзлотой. В таких условиях не предполагалось встретить рыхлые тектониты, пльвуны, мощные потоки воды, а сейсмичность представлялась проектировщикам несущественной. Однако уже при бурении первых скважин такие представления о мнимом инженерно-геологическом благополучии трассы тоннеля рассеялись. Скважины подтвердили наличие Перевального разлома, практическое отсутствие в его зоне вечной мерзлоты, наличие в гранитах «кармана» песчано-гравийных водонасыщенных отложений (в 0,6–0,9 км от западного портала тоннеля), высокую обводненность гранитов с напорными (фонтанирующими) холодными и термальными водами, связь глубоких трещинных вод с грунтовыми и поверхностными водами, высокую степень насыщенности гранитов разломами и зонами дробления (часто с рыхлыми и иногда пльвунообразующими тектонитами) и т.д. Следовало бы изменить проект изыскательских работ. Но этого сделано не было. Только после начала строительства было начато финансирование сейсмогеологических и геофизических исследований, результаты которых подтвердили прогноз и дополнительно показали следующее.

1. Северомуйская межрифтовая перемычка является участком наивысшей сейсмической активности в Байкальской рифтовой системе, а на ней наиболее активной является зона Перевального разлома.

2. Эта перемычка является своеобразным «сейсмогеологическим водоразделом» (при землетрясениях восточнее нее вспарывание разломов направлено к

востоку, западнее — к западу). Таким образом, Северомуйская перемычка испытывает мощные растягивающие напряжения. Это, с одной стороны, несколько улучшает сейсмическую ситуацию тоннельного участка, так как преобладающая часть сейсмической энергии направляется в сторону вскрытия разрывов, т.е. в сторону от тоннеля. Но с другой стороны, растяжение массива обеспечивает гидравлическую связь разнонаправленных систем трещин, что обуславливает водопритоки, многократно превышающие первоначально рассчитанные, а при землетрясениях может обусловить «залповые» водопритоки по трещинам.

3. Выявленная сейсмоактивная Итыкитская зона разлома, пересекающая трассу тоннеля, существование которой ранее ставилось под сомнение, имеет ширину до 1,5 км и амплитуду вертикального смещения 700 м. Она обуславливает очень тяжелые горнотехнические (особенно гидрогеологические) условия.

4. Вся трасса тоннеля находится в зоне возможного возникновения динамических и остаточных сейсмических деформаций при землетрясениях силой 9 баллов и выше. При 9-балльных землетрясениях по разломам возможны остаточные вертикальные смещения до 1–1,2 м, при 10-балльных — до 5–7 м, при 11-балльных — до 12 м с раскрытием трещин до 20 м. При сильных сейсмических событиях на расстоянии до 90 км от тоннеля могут происходить «пассивные» колебания крыльев разломов без заметных остаточных деформаций, но разрушительные для сооружений, в том числе для облицовки и коммуникаций тоннеля.

5. Геофизические наблюдения показали интенсивные движения отдельных тектонических блоков земной коры с изменяющимся знаком, опасные для тоннеля.

В начале настоящей статьи было отмечено, что в мае 1987 г. по программе работы выездной сессии двух научных советов на трассе БАМ состоялась экскурсия в Северомуйский тоннель, в которой я принимала участие. Инициатором ее проведения был В.П. Солоненко, полагавший, что, поскольку в подобных условиях крупный тоннель строится впервые, но не в последний раз, необходимо подытожить его уроки. Экскурсии предшествовал доклад Виктора Прокопьевича «Сейсмология и сейсмичность Северомуйского тоннеля», сделанный накануне на заседании сессии в п. Северомуйске. Присутствовавшие на докладе участники сессии посетили тоннель и ознакомились на месте с условиями его строительства. Мы осматривали керновый материал и выслушивали пояснения В.П. Солоненко. Сейсмичность этого района давно уже оценивалась в 9 и более баллов. Внутри 9-балльной зоны в нем были выделены участки, где возможны землетрясения силой 10–11 баллов. Землетрясения интенсивностью 6 баллов здесь могут происходить раз в 2–3 года, 7 баллов — в 8–10 лет, 8 баллов — в 5 лет, 9 баллов — в 150–170 лет, 10 баллов — в 500–600 лет.

Северомуйский тоннель находился в стадии строительства, но работы были приостановлены в связи с очередной аварией. Дефекты изысканий и проектирования поставили строителей в чрезвычайно сложное положение, т.к. происходили прорывы вод и пльвунов в забои. По инициативе В.П. Солоненко было принято решение о проходке «пионерного тоннеля» (разведочно-дренажной штольни) для перехвата горячих термальных вод и пльвунов, что облегчило условия строи-



тельства. Зоны разломов являлись резервуарами накопления инфильтрационных вод и проводниками восходящих термальных (40–63°C) вод. При вскрытии зон разломов при проходке тоннеля происходили залповые прорывы вод и пльвунообразных масс. Сначала прогнозировался суммарный водоприток до 1000 м³, но в дальнейшем он был оценен в 8700 м³. Срок завершения строительства тоннеля в 1984 г. оказался нереальным и был отодвинут. Виктор Прокопьевич обосновал необходимость строительства обходного пути, первый поезд по которому прошел в марте 1983 г. и по которому спустя 4 года проехали и мы — участники сессии. В.П. Солоненко подчеркивал: «Дефекты изыскания и проектирования БАМ (особенно Северомуйского тоннеля) должны быть, безусловно, учтены при проектировании новых трасс железных дорог в Сибири, на Дальнем Востоке и Северо-Востоке а также в других высокосейсмических областях СССР». Строительство Северомуйского тоннеля было завершено, и в 2002 г. по нему прошел первый поезд. К сожалению, Виктор Прокопьевич не дожид до этого события.

Завершая обзор работы коллектива авторов под руководством В.П. Солоненко по зоне БАМ, я приведу слова академика Н.А. Логачева: «Эта книга Солоненко и его соратников является наиболее полной и целостной и еще долго сохранит свое значение исходного документа при осуществлении любых крупных инженерно-строительных проектов в этом богатом минеральными и другими природными ресурсами регионе».

Весной 1988 г. за создание 8-томника «Геология и сейсмичность зоны БАМ» 25 участников этой сложной работы стали лауреатами премии Совета Министров СССР. Среди удостоенных этой чести — В.П. Солоненко и его ученики и сподвижники Р.А. Курушин, В.В. Николаев, Р.М. Семенов и В.С. Хромовских. К сожалению, тот год оказался последним в жизни Виктора Прокопьевича, но он смог вместе со всеми порадоваться успеху, который он заслужил в первую очередь, ибо его взнос в общую копилку бамовских исследований был максимальным.

Виктор Прокопьевич был замечательным человеком, и многие его ученики и соратники вспоминают о нем с восхищением, любовью и благодарностью. Приведу один факт, ставший мне известным во время работы над этой статьей от ученого секретаря проблемной комиссии Научного совета Евгении Васильевны Поповой, работавшей в тесном контакте с ИЗК в 70–80-е гг. прошлого века. В конце 1970-х гг. Виктор Прокопьевич не задумываясь безвозмездно передал крупную сумму личных сбережений для оплаты срочной хирургической операции на сердце Владимиру Сергеевичу Хромовских — его ученику и в последующем преемнику лаборатории. За доброе дело жизнь сторицей воздала Солоненко. В конце 80-х гг. под руководством В.С. Хромовских в Южном Прибайкалье был создан полигон и началось изучение сейсмических деформаций в разрезах горных выработок уже известных палеосейсмодислокаций, сопровождавшееся датированием разрывов слоев осадочных пород. Таким образом был ознаменован новый этап в развитии палеосейсмогеологического метода Солоненко. А еще позднее начались исследования по снижению сейсмического риска и ущерба от ожидаемых сильных землетрясений и был намечен путь разработки методов

«мягкой разгрузки» избыточных напряжений в областях подготовки очагов сильных землетрясений.

В.П. Солоненко ушел из жизни 1 июня 1988 г., год спустя после значимой и незабываемой выездной сессии на трассе БАМ. Виктор Прокопьевич оставил о себе память как ученый, который с большой ответственностью доводил до логического завершения решение геологических проблем. И всегда это были проблемы актуальные, высокой научной и народно-хозяйственной значимости. Во всей его деятельности проявлялись широкая научная эрудиция, принципиальность и огромное трудолюбие. Он был автором более 400 научных работ, в том числе 30 монографий, опубликованных в Советском Союзе и за рубежом. Виктор Прокопьевич был одним из самых последовательных противников создания на побережье Байкала крупных промышленных предприятий и отвода их промстоков в р. Иркут. О его работах в Монголии и в таежных малодоступных районах Восточной Сибири ходили легенды.

Закончить свою статью я хочу словами академика Н.А. Логачева: «Виктор Прокопьевич Солоненко — Великий Труженик науки, всегда устремленный в познание сущности геологических процессов и явлений. Он занимался не отвлеченными академическими проблемами, а задачами, выдвигаемыми самой жизнью и логикой развития научного знания».

Автор выражает искреннюю благодарность сотруднику иркутского Института геохимии СО РАН Н.В. Владыкину, предоставившему изданную сибиряками книгу о Викторе Прокопьевиче Солоненко для ее использования при написании данной статьи, а также сердечно благодарит Н.И. Фролову и Е.В. Попову за сотрудничество в этой работе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Виктор Прокопьевич Солоненко / под ред. В.В. Ружича, Р.В. Семенова. Новосибирск: Издательство СО РАН, 2004. 182 с.
2. Геология и сейсмичность зоны БАМ. Сейсмология и сейсмическое районирование / под ред. В.П. Солоненко, М.М. Мандельбаума. Новосибирск: Сибирское отделение изд-ва «Наука», 1985. 190 с.
3. Геология и сейсмичность зоны БАМ. Инженерная геология и инженерная сейсмология / под ред. В.П. Солоненко. Новосибирск: Сибирское отделение изд-ва «Наука», 1985. 191 с.
4. Солоненко В.П. Военная геология в условиях вечной мерзлоты: учебное пособие для военно-инженерных академий и военно-инженерных школ. М.: Изд-во Военно-инженерной академии им. В.В. Куйбышева, 1944. 290 с.
5. Солоненко В.П. Геология месторождений графита Восточной Сибири и Дальнего Востока. М.: Госгеоллиздат, 1951. 384 с.
6. Солоненко В.П. Инженерная геология Иркутской области / Геология СССР. Т. XVII. М.: Государственное научно-техническое издательство литературы по геологии и охране недр, 1961. С. 442–496.
7. Солоненко В.П. Определение эпицентральных зон сильных землетрясений по геологическим признакам // Известия АН СССР. Сер. Геол. 1962. № 11. С. 63–65.
8. Солоненко В.П. Очерки по инженерной геологии Восточной Сибири. Иркутск: Иркутское книж. изд-во, 1960. 88 с.
9. Солоненко В.П. Проблемы инженерной сейсмологии // Пути дальнейшего развития инженерной геологии. М.: Изд-во МГУ, 1971. С. 124–130.